(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年10月26日(26.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/183454 A1

(51) 国際特許分類:
C03C 21/00 (2006.01) *H01B 17/56* (2006.01)
C03C 3/083 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/014189

(22) 国際出願日： 2017年4月5日(05.04.2017)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-085029 2016年4月21日(21.04.2016) JP

(71) 出願人: 日本電気硝子株式会社(**NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐二丁目７番１号 Shiga (JP).

(72) 発明者: 田中 敦(**TANAKA Atsushi**); 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐二丁目７番１号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP). 川本 浩佑(**KAWAMOTO Kosuke**); 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐二丁目７番１号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP).

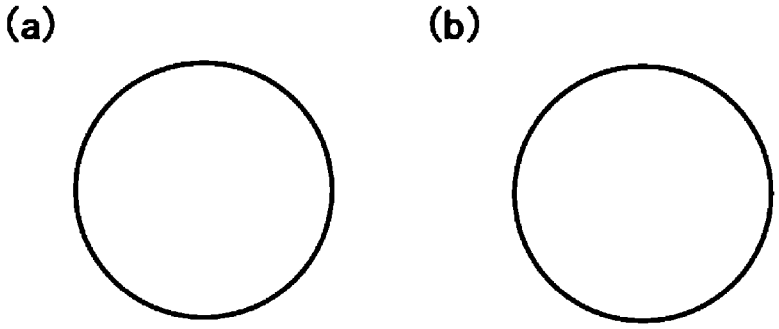
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(54) **Title:** INSULATING MEMBER AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称： 絶縁部材及びその製造方法



(57) **Abstract:** The present invention pertains to an insulating member made of an alkali-containing glass, the insulating member being characterized by: having a cross-sectional profile which is substantially a true circle; having a density of 2.60 g/cm^3 or less; having a surface compressive stress layer formed by ion exchange; and being incorporated in a driving device.

(57) 要約：本発明の絶縁部材は、アルカリ含有ガラスからなる絶縁部材であって、略真円になる断面外形を有し、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下であり、イオン交換による表面圧縮応力層を有し、且つ駆動装置に組み込まれることを特徴とする。

WO 2017/183454 A1

明　細　書

発明の名称 ： 絶縁部材及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、駆動装置に用いられる絶縁部材及びその製造方法に関し、具体的には軽量、高強度、低コストであり、且つ加工性に優れる絶縁部材及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 高電圧印加下で高速回転する装置等には、絶縁部材が使用されている。例えば、特許文献１には、放射線技術用の高電圧発生器に使用される絶縁部材として、樹脂とセラミックを組み合わせたハイブリット絶縁部材を用いることが開示されている。特許文献２には、金属シャフトに代わって、セラミックシャフト等の絶縁部材を採用することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００６－５２７９０７号公報

特許文献2：実開平０５－０６２５４０号公報

特許文献3：特開２００９－１９０９５９号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 電気自動車の普及に伴い、誘導電流、誘導磁場の発生空間内で駆動する絶縁部材に対して、軽量、高強度等の要求が高まるものと予想される。

[0005] 現在、高強度の絶縁部材として、窒化珪素等の非酸化物系セラミックが使用されている（特許文献３参照）。しかし、非酸化物系セラミックは、高価であり、重く、加工性が低いという問題がある。

[0006] また、絶縁部材として、加工性が高い酸化物系ガラスを使用することも想定される。しかし、酸化物系ガラスは、脆性材料であり、強度が低いという問題がある。

[0007] 本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、その技術的課題は、軽量、高強度及び低コストであると共に、加工性に優れる絶縁部材及びその製造方法を創案することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者等は、低密度のアルカリ含有ガラスに対して、略真円形状の断面外形を付与すると共に、イオン交換により表面圧縮応力層を形成することにより、上記技術的課題を解決し得ることを見出し、本発明として提案するものである。すなわち、本発明の絶縁部材は、アルカリ含有ガラスからなる絶縁部材であって、略真円になる断面外形を有し、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下であり、イオン交換による表面圧縮応力層を有し、且つ駆動装置に組み込まれることを特徴とする。ここで、「アルカリ含有ガラス」とは、ガラス組成中のアルカリ金属酸化物（Li_2O、Na_2O及びK_2O）の含有量が合量で３質量％以上のガラスを指す。「略真円になる断面外形」とは、少なくとも一方向からの断面外形が略真円であればよい。「略真円」とは、直径の寸法公差が１％以内（好ましくは０．５％以内、０．１％以内、０．０５％以内、０．０１％以内、０．００５％以内、特に０．００１％以内）であることを指す。「直径の寸法公差」は、例えば、画像検査装置を用いた画像解析等により測定可能である。「密度」は、アルキメデス法等により測定可能である。

[0009] 本発明の絶縁部材は、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下のアルカリ含有ガラスで構成される。これにより、軽量化を図りつつ、加工性を高めることが可能になる。一方、アルカリ含有ガラスは、脆性が高いため、強度が低い。そこで、本発明の絶縁部材は、イオン交換による表面圧縮応力を形成することにより、強度を高めている。

[0010] また、本発明の絶縁部材は、略真円になる断面外形を有する。これにより、駆動装置に組み込まれる転動体として好適に使用可能になる。また電気自動車等のシャフト等にも好適に使用可能になる。なお、略真円になる断面外形は、絶縁部材の全ての領域に存在する必要はなく、例えば、駆動させる部

位にのみ存在していてもよい。

[0011] 第二に、本発明の絶縁部材は、１５０℃における体積電気抵抗率が$10^{5.0}$Ω・ｃｍ以上であることが好ましい。ここで、「１５０℃における体積電気抵抗値」は、ＡＳＴＭ　Ｃ６５７－７８に基づいて測定した値であり、絶縁部材と同一のガラス組成、同一の熱履歴を有するガラス板（例えば板厚０．７ｍｍ）を同一条件でイオン交換処理し、得られたガラス板を測定試料とすることが好ましい。なお、ガラス組成（圧縮応力層の極小領域のガラス組成を含む）は、ＳＥＭ－ＥＤＸ（例えば日立ハイテクノロジーズ製Ｓ４３００－ＳＥ、堀場製作所製ＥＸ－２５０）を用いたＺＡＦ法によるスタンダードレス定量分析で測定することができる。また、絶縁部材とガラス板のガラス組成を一致させた上で両者の密度が同一になるように、ガラス板の熱処理条件を調整すれば、ガラス板に絶縁部材と同様の熱履歴を付与することができる。

[0012] 第三に、本発明の絶縁部材は、１５０℃における体積電気抵抗率が、イオン交換前の体積電気抵抗率の１０倍以上であることが好ましい。

[0013] 第四に、本発明の絶縁部材は、略真円の断面外形上の表面圧縮応力層の圧縮応力値が３００ＭＰａ以上、且つ応力深さが２５μｍ以上であることが好ましい。ここで、「圧縮応力値」と「応力深さ」は、表面応力計（例えば、折原製作所製ＦＳＭ－６０００）を用いて試料を観察した際に、観察される干渉縞の本数とその間隔から算出することができる。絶縁部材が１ｃｍ角以上の平坦部を有する場合、その平坦部の表面圧縮応力層の圧縮応力値と応力深さを測定すれば、略真円の断面外形上の表面圧縮応力層の圧縮応力値と応力深さを正確に見積もることができる。絶縁部材に１ｃｍ角以上の平坦部がない場合、絶縁部材と同一のガラス組成、同一の熱履歴を有するガラス板を同一条件でイオン交換処理し、得られたガラス板の表面圧縮応力層の圧縮応力値と応力深さを測定すれば、略真円の断面外形上の表面圧縮応力層の圧縮応力値と応力深さを正確に見積もることができる。

[0014] 第五に、本発明の絶縁部材は、アルカリ含有ガラスが、ガラス組成として

、質量％で、SiO_2　４０～７５％、Al_2O_3　１０～３０％、Na_2O　５～２５％を含有することが好ましい。

[0015] 第六に、本発明の絶縁部材の製造方法は、アルカリ含有ガラスからなる絶縁部材の製造方法であって、略真円になる断面外形を有し、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下となるアルカリ含有ガラスを作製した後に、該アルカリ含有ガラスをイオン交換処理して、表面圧縮応力層を形成することを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の絶縁部材の一例を示す概念図である。

[図2]本発明の絶縁部材の一例を示す概念図である。

[図3]本発明の絶縁部材の一例を示す概念図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明の絶縁部材は、略真円になる断面外形を有する。このようにすれば、高速の回転、高摩擦、高荷重等の過酷な条件でも、安定的な駆動が期待できる。更に、このような断面形状は、溶融ガラスから形成し易く、またガラスを回転させながら研磨し得るため、ガラス表面の傷が少なくなり、高強度になり易い。

[0018] 本発明の絶縁部材は、断面外形が略真円になる円環状（又は円筒状）の絶縁部材であることが好ましい。この場合、円環の外径は、好ましくは１００ｍｍ以下、８０ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、特に３０ｍｍ以下であり、また好ましくは１ｍｍ以上、２ｍｍ以上、４ｍｍ以上、特に５ｍｍ以上である。このようにすれば、駆動装置に組み込まれるシャフト等に好適に適用可能になる。なお、円環の内径は、特に限定されず、駆動装置の設計に応じて調整可能である。図１は本発明の絶縁部材の一例を示す概念図であり、図１（ａ）は、断面外形が略真円になる円環状の絶縁部材の斜視概念図であり、図１（ｂ）は、図１（ａ）に示す絶縁部材を横方向に断面した時の断面概念図である。

[0019] 本発明の絶縁部材は、断面外形が略真円になる円柱状の絶縁部材であることが好ましい。この場合、円柱の直径は、好ましくは１００ｍｍ以下、８０

ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、特に３０ｍｍ以下であり、また好ましくは１ｍｍ以上、２ｍｍ以上、４ｍｍ以上、特に５ｍｍ以上である。このようにすれば、駆動装置に組み込まれるローラー、シャフト等に好適に適用可能になる。図２は本発明の絶縁部材の一例を示す概念図であり、図２（ａ）は、断面外形が略真円になる円柱状の絶縁部材の斜視概念図であり、図２（ｂ）は、図２（ａ）に示す絶縁部材を横方向に断面した時の断面概念図である。

[0020] 本発明の絶縁部材は、断面外形が略真円になる球状の絶縁部材、つまり略真円状の絶縁部材であることが好ましい。この場合、球の直径は、好ましくは１００ｍｍ以下、８０ｍｍ以下、５０ｍｍ以下、特に３０ｍｍ以下であり、また好ましくは１ｍｍ以上、２ｍｍ以上、４ｍｍ以上、特に５ｍｍ以上である。このようにすれば、駆動装置、特に転動装置に組み込まれるスペーサー、球体等に好適に適用可能になる。図３は本発明の絶縁部材の一例を示す概念図であり、図３（ａ）は、断面外形が略真円になる球状の絶縁部材の斜視概念図であり、図３（ｂ）は、図３（ａ）に示す絶縁部材を横方向に断面した時の断面概念図である。

[0021] 本発明の絶縁部材は、表面が研磨面であること、特に略真円の断面外形上の表面が研磨面であることが好ましい。このようにすれば、バリ等の成形欠陥が除去されるため、強度を高めつつ、寸法精度を高めることができる。また研磨面の表面粗さＲａは、好ましくは１ｎｍ以下、０．５ｎｍ以下、０．４ｎｍ以下、０．３ｎｍ以下、特に０．２ｎｍ以下である。研磨面の表面粗さＲａが大き過ぎると、高速の回転、高摩擦、高荷重等の過酷な条件で、絶縁部材が破損し易くなる。ここで、「表面粗さＲａ」は、絶縁部材を治具等で固定した状態で、ＪＩＳ　Ｂ０６０１：２００１年に準拠した方法で測定することができる。

[0022] 本発明の絶縁部材において、密度は２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下であり、好ましくは２．５５ｇ／ｃｍ^{3}以下、２．５ｇ／ｃｍ^{3}以下、２．４９ｇ／ｃｍ^{3}以下、特に２．４８ｇ／ｃｍ^{3}以下である。密度が低い程、絶縁部材を軽量化することができる。なお、密度を低下させるには、ガラス組成中のSiO_2、P_2

O_5、B_2O_3の含有量を増加させたり、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、ＺｎＯ、ZrO_2、TiO_2の含有量を低減すればよい。

[0023] １５０℃における体積電気抵抗率は、好ましくは$10^{5.0}$Ω・ｃｍ以上、$10^{5.5}$Ω・ｃｍ以上、$10^{6.0}$Ω・ｃｍ以上、$10^{6.5}$Ω・ｃｍ以上、$10^{7.0}$Ω・ｃｍ以上、$10^{7.5}$Ω・ｃｍ以上、$10^{8.0}$Ω・ｃｍ以上、$10^{8.5}$Ω・ｃｍ以上、$10^{8.7}$Ω・ｃｍ以上、$10^{9.0}$Ω・ｃｍ以上、特に$10^{9.5}$Ω・ｃｍ以上である。体積電気抵抗率が低過ぎると、絶縁性が低下し易くなる。

[0024] １５０℃における体積電気抵抗率は、イオン交換前の体積電気抵抗率の１０倍以上、５０倍以上、１００倍以上、２００倍以上、２５０倍以上、特に３００倍以上が好ましい。１５０℃における体積電気抵抗率がイオン交換前の体積電気抵抗率の１０倍未満になると、強度と絶縁性を高いレベルで両立することが困難になる。

[0025] ３０～３８０℃の温度範囲における熱膨張係数は、好ましくは70×10^{-7}～110×10^{-7}／℃、75×10^{-7}～110×10^{-7}／℃、80×10^{-7}～110×10^{-7}／℃、特に85×10^{-7}～110×10^{-7}／℃である。上記のように熱膨張係数を規制すれば、高速回転時に発生する熱により周辺の金属部材が膨張したとしても、適正に駆動させることができる。ここで、「熱膨張係数」とは、３０～３８０℃の温度範囲において、ディラトメーターで測定した平均値である。

[0026] 歪点は、好ましくは５２０℃以上、５５０℃以上、５６０℃以上、特に５７０℃以上である。歪点が高い程、耐熱性が向上する。また歪点が高いと、イオン交換処理時に応力緩和が生じ難くなるため、高い圧縮応力値を確保し易くなる。

[0027] 高温粘度$10^{2.5}$ｄＰａ・ｓに相当する温度は、好ましくは１６５０℃以下、１６００℃以下、１５８０℃以下、１５５０℃以下、１５４０℃以下、特に１５３０℃以下である。高温粘度$10^{2.5}$ｄＰａ・ｓに相当する温度が低い程、低温でガラスを溶融することができる。よって、高温粘度$10^{2.5}$ｄＰａ・ｓに相当する温度が低い程、溶融窯等のガラス製造設備への負担が小さく

なると共に、絶縁部材の泡品位を高めることができる。

[0028] 液相温度は、好ましくは１２００℃以下、１１５０℃以下、１１３０℃以下、１１１０℃以下、１０９０℃以下、特に１０７０℃以下である。液相温度が高過ぎると、所望の形状に成形し難くなる。

[0029] ヤング率は６５ＧＰａ以上であって、好ましくは６９ＧＰａ以上、好ましくは７１ＧＰａ以上、好ましくは７５ＧＰａ以上、特に好ましくは７７ＧＰａ以上である。ヤング率が低過ぎると、絶縁部材が変形し易くなるため、高速の回転、高摩擦、高荷重等の過酷な条件で駆動が不安定になり易い。ここで、「ヤング率」は、例えば、周知の共振法等で測定可能である。

[0030] 本発明の絶縁部材は、イオン交換による表面圧縮応力層を有する。これにより、絶縁部材の強度を高めることができる。イオン交換により表面圧縮応力層を形成する方法として、イオン交換液中にアルカリ含有ガラスを浸漬して、ガラス表面にイオン半径の大きいアルカリイオンを導入する方法が好ましい。このようにすれば、表面圧縮応力層を短時間に形成することができる。更に、イオン交換により表面圧縮応力層を形成する方法として、KNO_3溶融塩中のＫイオンとアルカリ含有ガラス中のＮａ成分とをイオン交換して、表面圧縮応力層を形成する方法が特に好ましい。このようにすれば、表面圧縮応力層中にＫイオンとNaイオンが混在した状態になり、混合アルカリ効果により、ガラス表面の体積電気抵抗率を大幅に高めることができる。

[0031] 本発明の絶縁部材において、表面圧縮応力層の圧縮応力値は、好ましくは３００ＭＰａ以上、６００ＭＰａ以上、８００ＭＰａ以上、９００ＭＰａ以上、１０００ＭＰａ以上、特に１１００ＭＰａ以上である。圧縮応力値が大きい程、絶縁部材の機械的強度が高くなる。しかし、圧縮応力値が大き過ぎると、絶縁部材に内在する引っ張り応力が極端に高くなる虞がある。よって、圧縮応力層の圧縮応力値は、好ましくは２５００ＭＰａ以下である。なお、イオン交換時間を短くしたり、イオン交換温度を下げると、圧縮応力値を大きくすることができる。

[0032] 応力深さは、好ましくは２５μｍ以上、３０μｍ以上、４０μｍ以上、５

０μｍ以上、６０μｍ以上、特に７０μｍ以上である。応力深さが大きい程、高回転時の摩耗や異物により絶縁部材の表面に深い傷が付いても、絶縁部材が割れ難くなる。一方、応力深さが大き過ぎると、絶縁部材に内在する引っ張り応力が極端に高くなる虞がある。よって、応力深さは、好ましくは５００μｍ以下、３００μｍ以下、２００μｍ以下、特に１５０μｍ以下である。なお、イオン交換時間を長くしたり、イオン交換温度を高めると、応力深さを大きくすることができる。

[0033] 内部の引っ張り応力値は、好ましくは２００ＭＰａ以下、１５０ＭＰａ以下、１００ＭＰａ以下、特に５０ＭＰａ以下である。内部の引っ張り応力値が小さい程、絶縁部材の内部欠陥によって絶縁部材が破損し難くなるが、内部の引っ張り応力値が極端に小さくなると、圧縮応力値や応力深さが低下して、絶縁部材の機械的強度が低下してしまう。よって、内部の引っ張り応力値は、好ましくは１ＭＰａ以上、１０ＭＰａ以上、特に１５ＭＰａ以上である。なお、「内部の引っ張り応力値」は、下記の数式１により算出した値を指す。なお、数式１でいう絶縁部材の厚みｔとは、絶縁部材の対向する表面同士の距離の内、最も短い距離を指す。例えば、断面外形が略真円となる棒状（円柱状）の場合は、略真円の直径を指す。断面外形が略真円となる円盤状の場合、円盤の厚みを指す。

[0034] 〔数式１〕

ＣＴ ＝ ＣＳ×ＤＯＬ／（ｔ×１０００－２×ＤＯＬ）

ＣＴ：内部の引っ張り応力値（ＭＰａ）

ｔ：絶縁部材の厚み（ｍｍ）

ＣＳ：圧縮応力値（ＭＰａ）

ＤＯＬ：圧縮応力層の深さ（μｍ）

[0035] 本発明の絶縁部材において、アルカリ含有ガラスが、ガラス組成として、質量％で、SiO_2 ４０～７５％、Al_2O_3 １０～３０％、Na_2O ５～２５％を含有することが好ましい。上記のように各成分の含有範囲を限定した理由を以下に説明する。なお、各成分の含有範囲の説明において、以下

の％表示は、特に断りがない限り、質量％を指す。

[0036] SiO_2は、ガラスのネットワークを形成する成分であり、その含有量は、好ましくは４０～７５％、４５～７０％、４５～６５％、４５～６３％、特に４８～６１％である。SiO_2の含有量が多過ぎると、溶融性、成形性、熱膨張係数が低下し易くなる。一方、SiO_2の含有量が少な過ぎると、ガラス化し難くなり、また熱膨張係数が不当に高くなるため、周辺部材の熱膨張係数に整合し難くなったり、耐熱衝撃性が低下し易くなる。

[0037] Al_2O_3は、イオン交換性能、歪点、ヤング率を高める成分である。しかし、Al_2O_3の含有量が多過ぎると、ガラスに失透結晶が析出し易くなって、所望の形状に成形し難くなる。また溶融性、熱膨張係数が低下し易くなる。よって、Al_2O_3の好適な上限範囲は３０％以下、２８％以下、２４％以下、２３％以下、２２％以下、２１．５％以下、特に２１％以下であり、好適な下限範囲は１０％以上、１２％以上、１３％以上、１５％以上、１７％以上、特に１８％以上である。

[0038] Na_2Oは、イオン交換成分であると共に、溶融性や成形性を高める成分である。また耐失透性を改善する成分でもある。しかし、Na_2Oの含有量が多過ぎると、体積電気抵抗率が低くなったり、熱膨張係数が不当に高くなるため、周辺部材の熱膨張係数に整合し難くなったり、耐熱衝撃性が低下し易くなる。またガラス組成のバランスが崩れて、耐失透性が低下する虞がある。よって、Na_2Oの含有量は、好ましくは５～２５％、１０～２５％、１１～２２％、１２～２０％、１３～１９％、特に１４～１８％である。

[0039] 上記成分以外にも、例えば、以下の成分を導入してもよい。

[0040] P_2O_5は、イオン交換性能を高める成分であり、特に応力深さを増大させる成分である。上記の通り、イオン交換性能を高めるためには、Al_2O_3の増量が有効であるが、Al_2O_3の含有量が多過ぎると、耐失透性が低下し易くなる。よって、Al_2O_3の導入量には限界がある。しかし、P_2O_5を導入すると、Al_2O_3を増量しても、ガラスが失透し難くなるため、Al_2O_3の導入許容量を高めることができる。結果として、イオン交換性能を飛躍的に

高めることができる。一方、P_2O_5の含有量が多く過ぎると、ガラスが分相したり、耐水性や耐失透性が低下し易くなる。以上の点を踏まえると、P_2O_5の好適な上限範囲は１７％以下、１０％以下、９％以下、８％以下、７％以下、特に６％以下であり、好適な下限範囲は０．１％以上、０．５％以上、１％以上、２％以上、３％以上、特に４％以上である。

[0041] B_2O_3は、液相温度、高温粘度、密度を低下させる成分であると共に、イオン交換性能、特に圧縮応力値を高める成分であるが、その含有量が多過ぎると、イオン交換によって表面にヤケが発生したり、耐水性、液相粘度、応力深さが低下する虞がある。よって、B_2O_3の含有量は、好ましくは０～６％、０～４％、０～３％、０～２％、特に０～１％未満である。

[0042] Li_2Oは、イオン交換成分であると共に、高温粘度を低下させて溶融性や成形性を高める成分である。更にヤング率を高める成分である。しかし、Li_2Oの含有量が多過ぎると、体積電気抵抗率が低下し易くなる。また液相粘度が低下して、ガラスが失透し易くなる。更に低温粘性が低下し過ぎて、イオン交換処理の際に応力緩和が生じ易くなり、かえって圧縮応力値が低下する虞がある。よって、Li_2Oの含有量は、好ましくは０～１０％、０～８％、０～５％、０～３％未満、０～２％、０～１％未満、０～０．１％未満、特に０～０．０１％未満である。

[0043] K_2Oは、イオン交換を促進する成分であり、特にアルカリ金属酸化物の中では応力深さを増大させる効果が高い成分である。また高温粘度を低下させて、溶融性や成形性を高めたり、耐失透性を改善する成分である。しかし、K_2Oの含有量が多過ぎると、体積電気抵抗率が低下し易くなる。また熱膨張係数が不当に高くなるため、周辺部材の熱膨張係数に整合し難くなったり、耐熱衝撃性が低下し易くなる。更に歪点が低下し過ぎたり、ガラス組成のバランスが崩れて、逆に耐失透性が低下する虞がある。K_2Oの好適な上限範囲は１０％以下、９％以下、８％以下、７％以下、特に６％以下であり、好適な下限範囲は０％以上、０．５％以上、１％以上、２％以上、３％以上、特に４％以上である。

[0044] Li_2O、Na_2O及びK_2Oの合量の好適な上限範囲は３０％以下、２５％以下、特に２２％以下であり、好適な下限範囲は８％以上、１０％以上、１３％以上、特に１５％以上である。Li_2O、Na_2O及びK_2Oの合量が多過ぎると、体積電気抵抗率や耐失透性が低下し易くなる。また熱膨張係数が不当に高くなるため、、周辺部材の熱膨張係数に整合し難くなったり、耐熱衝撃性が低下し易くなる。一方、Li_2O、Na_2O及びK_2Oの合量が少な過ぎると、イオン交換性能と溶融性が低下し易くなる。

[0045] モル比K_2O／Na_2Oは、好ましくは０～１、０～０．８、０．０５～０．７、０．１～０．５、０．１５～０．４、０．１５～０．３、特に０．１５～０．２５である。このようにすれば、混合アルカリ効果により体積電気抵抗率を高めることができる。なお、「K_2O／Na_2O」は、K_2Oの含有量をNa_2Oの含有量で割った値である。

[0046] ＭｇＯとＣａＯは、高温粘度を低下させて、溶融性や成形性を高めたり、歪点やヤング率を高める成分であり、アルカリ土類金属酸化物の中では、イオン交換性能を高める効果が大きい成分である。しかし、ＭｇＯとＣａＯの含有量が多くなると、密度や熱膨張係数が高くなったり、ガラスが失透し易くなる。よって、ＭｇＯの含有量は、好ましくは１０％以下、８％以下、６％以下、５％以下、特に４％以下である。ＣａＯの含有量は、好ましくは８％以下、６％以下、４％以下、２％以下、特に１％未満である。

[0047] ＳｒＯとＢａＯは、高温粘度を低下させて、溶融性や成形性を高めたり、歪点やヤング率を高める成分である。しかし、ＳｒＯとＢａＯの含有量が多くなると、密度や熱膨張係数が高くなったり、イオン交換性能が低下し易くなる。よって、ＳｒＯの含有量は、好ましくは３％以下、２％以下、１％以下、０．５％以下、特に０．１％未満である。ＢａＯの含有量は、好ましくは３％以下、２％以下、１％以下、０．５％以下、特に０．１％未満である。

[0048] ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合量は、好ましくは０～１５％、０～９％、０～６％、特に０～５％である。ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａ

Ｏの合量が多過ぎると、密度や熱膨張係数が不当に高くなったり、耐失透性やイオン交換性能が低下し易くなる。

[0049] 質量比（ＭｇＯ＋ＣａＯ＋ＳｒＯ＋ＢａＯ）／（Li_2O＋Na_2O＋K_2O）は、耐失透性を高める観点から、好ましくは０．５以下、０．４以下、特に０．３以下である。なお、「（ＭｇＯ＋ＣａＯ＋ＳｒＯ＋ＢａＯ）／（Li_2O＋Na_2O＋K_2O）」は、ＭｇＯ、ＣａＯ、ＳｒＯ及びＢａＯの合量をLi_2O、Na_2O及びK_2Oの合量で割った値である。

[0050] ＺｎＯは、イオン交換性能を高める成分である。また低温粘性を低下させずに、高温粘性を低下させる成分である。しかし、P_2O_5の存在下でＺｎＯを増量すると、ガラスが分相したり、失透し易くなる。よって、ＺｎＯの含有量は、好ましくは８％以下、４％以下、１％以下、０．１％以下、特に０．０１％以下である。

[0051] ZrO_2は、イオン交換性能、ヤング率、歪点を高める成分であり、高温粘性を低下させる成分である。しかし、ZrO_2の含有量が多くなると、耐失透性が低下し易くなる。よって、ZrO_2の含有量は、好ましくは０～１０％、０～５％、０～３％、０～１％未満、０～０．４％、特に０～０．１％未満である。

[0052] TiO_2は、イオン交換性能を高める成分であり、高温粘性を低下させる成分である。しかし、TiO_2の含有量が多くなると、ガラスが失透し易くなる。よって、TiO_2の含有量は、好ましくは０～４％、０～１％未満、０～０．１％未満、特に０～０．０１％未満である。

[0053] SnO_2は、イオン交換性能、特に圧縮応力値を高める成分である。しかし、SnO_2の含有量が多くなると、SnO_2に起因する失透が発生し易くなる。よって、SnO_2の含有量は、好ましくは０～３％、０．０１～２％、０．０５～１％、特に０．１～０．５％である。

[0054] 清澄剤として、As_2O_3、Sb_2O_3、CeO_2、Ｆ、Ｃｌ、SO_3の群から選択された一種又は二種以上を含有させてもよい。但し、環境に対する配慮から、As_2O_3とSb_2O_3を添加しないことが好ましく、As_2O_3とSb_2

O_3の含有量は、それぞれ０．１％未満、特に０．０１％未満が好ましい。Ｆの含有量は、低温粘性の低下による応力緩和を抑制するため、０．１％未満、特に０．０１％未満が好ましい。

[0055] Nb_2O_5、La_2O_3等の希土類酸化物は、ヤング率を高める成分である。しかし、希土類酸化物の合量が多くなると、原料コストが高騰し、耐失透性が低下し易くなる。よって、希土類酸化物の合量は、好ましくは３％以下、２％以下、１％未満、０．５％以下、特に０．１％以下である。

[0056] ＰｂＯとBi_2O_3の含有量は、環境に対する配慮から、それぞれ０．１％未満が好ましい。

[0057] 本発明の絶縁部材において、表面から深さ２．５μｍのK_2Oの含有量は、表面圧縮応力層よりも深い内部領域のK_2Oの含有量よりも多いことが好ましい。表面から深さ２．５μｍのK_2Oの含有量は、内部領域のK_2Oの含有量よりも１ｍｏｌ％以上、３ｍｏｌ％以上、５ｍｏｌ％以上、７ｍｏｌ％以上、８ｍｏｌ％以上、９ｍｏｌ％以上、特に１０ｍｏｌ％以上多いことが好ましい。表面から深さ２．５μｍのK_2Oの含有量と内部領域のK_2Oの含有量は、ＳＥＭ－ＥＤＸ（例えば日立ハイテクノロジーズ製Ｓ４３００－ＳＥ、堀場製作所製ＥＸ－２５０）を用いたＺＡＦ法によるスタンダードレス定量分析で測定することができる。

[0058] 本発明の絶縁部材は、例えば、以下のようにして作製することができる。まず特定組成のアルカリ含有ガラスになるように調合したガラスバッチを連続溶融炉に投入し、１５００～１６００℃で加熱溶融して、溶融ガラスを得た後、清澄容器、攪拌容器を経由して、成形容器に供給した上で各種形状に成形し、徐冷する。次に、得られたアルカリ含有ガラスの表面を研磨処理する。続いて、アルカリ含有ガラスをイオン交換溶液に浸漬して、アルカリ含有ガラスの表面にイオン交換による表面圧縮応力層を形成する。

[0059] 成形方法として、種々の成形方法を採択することができる。円環状（又は円筒状）に成形する場合はダンナー法が好ましい。円柱状に成形する場合は、ドローイング法が好ましい。球状に成形する場合は、マーブル成形法又は

液滴成形法が好ましい。このようにすれば、絶縁部材の寸法精度が向上して、ガラス表面に対する研磨量を低減し易くなる。なお、バルク状のガラスを研削、研磨することにより、所定形状に加工することもできる。

[0060] イオン交換処理は、例えば３６０～４８０℃の硝酸カリウム溶融塩中にアルカリ含有ガラスを１～１００時間浸漬することにより行うことができる。生産効率の観点から、複数の絶縁部材を同時にイオン交換処理することが好ましく、絶縁部材同士が接触しないように、複数の絶縁部材を金属製治具に等間隔に配列し、この金属製治具を積層した状態でイオン交換処理することが更に好ましい。

実施例

[0061] 実施例に基づいて、本発明を説明する。但し、本発明は、以下の実施例に何ら限定されない。以下の実施例は、単なる例示である。

[0062] 表１は、本発明の実施例（Ｎｏ．１～８）のガラス組成と特性を示している。

[0063] [表1]

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.8	No.8
ガラス組成（質量%）	SiO_2	61.5	66.0	49.3	72.1	61.8	67.4	47.6	59.1
	Al_2O_3	18.0	14.0	24.3	1.8	16.8	5.7	23.0	23.6
	B_2O_3	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Na_2O	14.5	13.4	15.2	13.0	15.2	15.2	14.7	15.3
	K_2O	2.0	0.6	0.0	0.5	0.9	1.1	0.0	0.0
	MgO	3.0	3.0	1.0	4.0	5.3	9.6	1.5	1.6
	CaO	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0	1.0	0.0	0.0
	P_2O_5	0.0	0.0	9.7	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0
	SnO_2	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4
密度(g/cm^3)		2.45	2.42	2.44	2.50	2.46	2.48	2.43	2.45
α(×10^{-7}/℃)		91	79	89	88	89	92	88	87
E		71	68	未測定	73	72	73	62	71
Ps(℃)		562	542	634	510	583	527	595	647
Ta(℃)		612	587	690	550	631	567	647	704
Ts(℃)		862	821	953	735	860	762	911	971
$10^{4.0}$dPa･s(℃)		1254	1222	1335	1033	1214	1072	1293	1359
$10^{3.0}$dPa･s(℃)		1460	1439	1515	1209	1409	1245	1477	1551
$10^{2.5}$dPa･s(℃)		1591	1578	1628	1333	1544	1367	1593	1670
TL(℃)		970	944	1044	990	1172	1051	972	1093
圧縮応力値(MPa)		1020	860	1080	420	1140	900	900	1416
応力深さ(μm)		38	28	62	20	30	17	64	43
ρ_{before}(Ω･cm)		$10^{7.1}$	$10^{8.2}$	未測定	未測定	$10^{6.8}$	$10^{7.7}$	$10^{5.9}$	$10^{6.0}$
ρ_{after}(Ω･cm)		$10^{9.6}$	$10^{10.1}$	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定

[0064] 次のようにして、表１の各試料を作製した。まず、表中のガラス組成とな

るように、ガラス原料を調合し、白金容器を用いて１５８０℃で８時間溶融した。その後、溶融ガラスをカーボン板の上に流し出し板状に成形した後、所定形状に機械加工して、５ｃｍ角、板厚０．７ｍｍのガラス板を得た。またガラス板を機械加工して、直径φ０．６ｍｍ（寸法公差０．０１％以内）、長さ５ｃｍのガラス棒及び直径φ０．６ｍｍ（寸法公差０．０１％以内）のガラス球を得た。

[0065] 各ガラス板の試料を用いて、下記特性を評価した。

[0066] 密度は、周知のアルキメデス法によって測定した値である。

[0067] 熱膨張係数αは、３０～３８０℃の温度範囲において、ディラトメーターで測定した平均値である。

[0068] ヤング率Ｅは、周知の共振法によって測定した値である。

[0069] 歪点Ｐｓ、徐冷点Ｔａは、ＡＳＴＭ Ｃ３３６の方法によって測定した値である。

[0070] 軟化点Ｔｓは、ＡＳＴＭ Ｃ３３８の方法によって測定した値である。

[0071] 高温粘度$10^{4.0}$ｄＰａ・ｓ、$10^{3.0}$ｄＰａ・ｓ、$10^{2.5}$ｄＰａ・ｓに相当する温度は、白金球引き上げ法によって測定した値である。

[0072] 液相温度ＴＬは、標準篩３０メッシュ（篩目開き５００μｍ）を通過し、５０メッシュ（篩目開き３００μｍ）に残るガラス粉末を白金ボートに入れ、温度勾配炉中に２４時間保持して、結晶の析出する温度を測定した値である。

[0073] １５０℃における体積電気抵抗率ρ_{before}は、ＡＳＴＭ Ｃ６５７－７８に準拠して測定した値である。

[0074] 続いて、各ガラス板の両表面に光学研磨を施した後、イオン交換処理を行った。イオン交換処理は４３０℃のKNO_3溶融塩中に各ガラス板を４時間浸漬することで行った。同様にして、各ガラス棒及びガラス球についても上記イオン交換処理を行った。イオン交換処理後、各ガラス板の表面を洗浄し、表面応力計（折原製作所製ＦＳＭ－６０００）を用いて観察される干渉縞の本数とその間隔から圧縮応力層の圧縮応力値ＣＳと応力深さＤＯＬを算出し

た。算出に当たり、各ガラス板の屈折率を１．５０、光学弾性定数を３０［（ｎｍ／ｃｍ）／ＭＰａ］とした。なお、ガラス表層のガラス組成はイオン交換処理の前後で微視的に変動するものの、ガラス全体で見た場合、その影響は軽微である。

[0075] 続いて、イオン交換処理後の各ガラス板について、ＡＳＴＭ Ｃ６５７－７８に準拠して、１５０℃における体積電気抵抗率ρ_{after}を測定した。

[0076] 表１から分かるように、試料Ｎｏ．１～８に係るガラス板は、密度が低く、圧縮応力層の圧縮応力値ＣＳと応力深さＤＯＬが大きかった。また試料Ｎｏ．１、２に係るガラス板は、イオン交換処理後の体積抵抗率ρ_{after}が高かった。よって、試料Ｎｏ．１～８に係るガラス棒とガラス球についても、密度が低く、圧縮応力層の圧縮応力値ＣＳと応力深さＤＯＬが大きく、イオン交換処理後の体積抵抗率ρ_{after}が高いものと考えられる。

産業上の利用可能性

[0077] 本発明の絶縁部材は、軽量、高強度及び低コストであると共に、加工性に優れる。よって、本発明の絶縁部材は、駆動装置に組み込まれる用途、例えば、電気自動車等に使用される転動体、シャフト、モーター部材、ローラー部材等の絶縁部材にも好適である。

請求の範囲

[請求項1] アルカリ含有ガラスからなる絶縁部材であって、

略真円になる断面外形を有し、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下であり、イオン交換による表面圧縮応力層を有し、且つ駆動装置に組み込まれることを特徴とする絶縁部材。

[請求項2] １５０℃における体積電気抵抗率が$10^{5.0}$Ω・ｃｍ以上であることを特徴とする請求項１に記載の絶縁部材。

[請求項3] １５０℃における体積電気抵抗率が、イオン交換前の体積電気抵抗率の１０倍以上であることを特徴とする請求項１又は２に記載の絶縁部材。

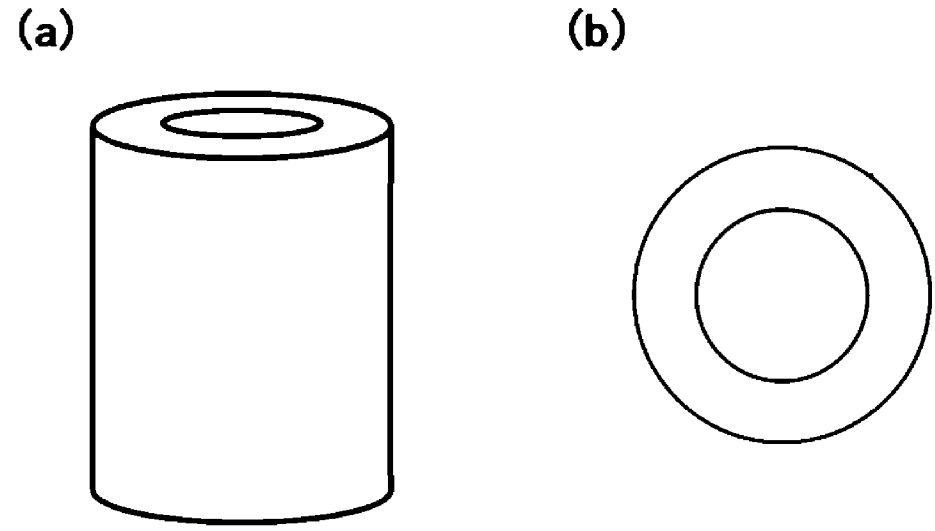
[請求項4] 略真円の断面外形上の表面圧縮応力層の圧縮応力値が３００ＭＰａ以上、且つ応力深さが２５μｍ以上であることを特徴とする請求項１～３の何れかに記載の絶縁部材。

[請求項5] アルカリ含有ガラスが、ガラス組成として、質量％で、SiO_2 ４０～７５％、Al_2O_3 １０～３０％、Na_2O ５～２５％を含有することを特徴とする請求項１～４の何れかに記載の絶縁部材。

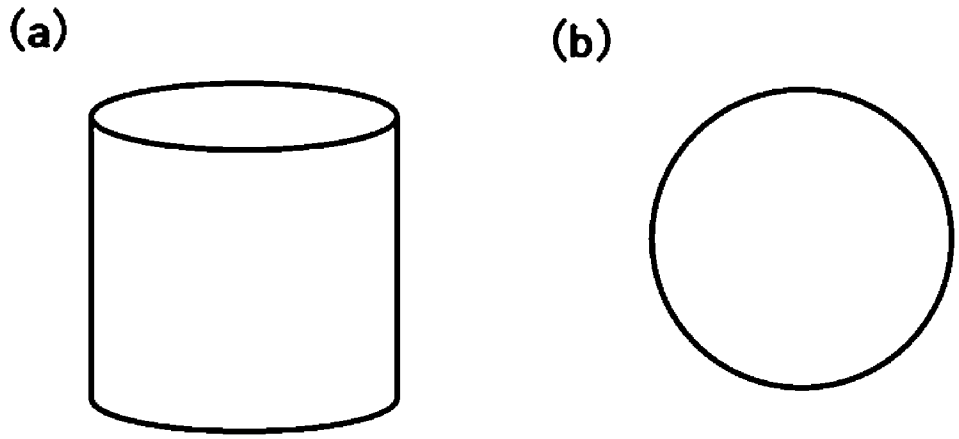
[請求項6] アルカリ含有ガラスからなる絶縁部材の製造方法であって、

略真円になる断面外形を有し、密度が２．６０ｇ／ｃｍ^{3}以下となるアルカリ含有ガラスを作製した後に、該アルカリ含有ガラスをイオン交換処理して、表面圧縮応力層を形成し、駆動装置に組み込まれることを特徴とする絶縁部材の製造方法。

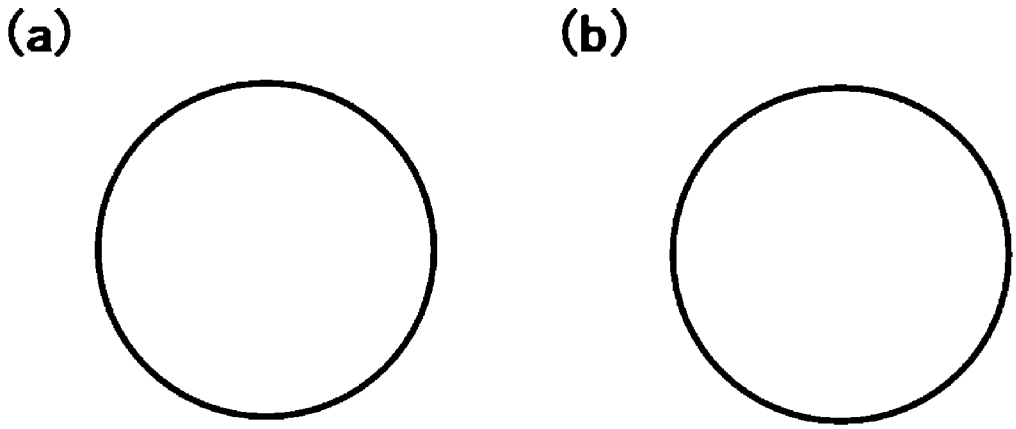
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/014189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C03C21/00(2006.01)i, *C03C3/083*(2006.01)i, *H01B17/56*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C03C21/00, H01B17/56-19/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-284217 A (Ricoh Co., Ltd.), 23 October 1998 (23.10.1998), claims 5 to 6; paragraphs [0001], [0017] to [0018] (Family: none)	1-6
A	BANSAL, Narottam P. et al., Handbook of Glass Properties, 2007 (received date), p.32-37	1-6
A	JP 01-157436 A (Canon Inc.), 20 June 1989 (20.06.1989), page 1; examples; fig. 1 (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 June 2017 (08.06.17)	20 June 2017 (20.06.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１４１８９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C03C21/00(2006.01)i, C03C3/083(2006.01)i, H01B17/56(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C03C21/00, H01B17/56-19/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 10-284217 A (株式会社リコー) 1998.10.23, ［請求項５］－［請求項６］, ［０００１］, ［００１７］－［００１８］（ファミリーなし）	1-6
A	BANSAL, Narottam P. et al., Handbook of Glass Properties, 2007 (受入日), p.32-37	1-6
A	JP 01-157436 A (キヤノン株式会社) 1989.06.20, 第１頁, 実施例, 第１図（ファミリーなし）	1-6

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０８．０６．２０１７	２０．０６．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｔ　４６７６
宮崎　大輔
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５